

# 可可西里地区藏羚的社群特征

连新明<sup>1,2</sup>, 苏建平<sup>1\*</sup>, 张同作<sup>1,2</sup>, 曹伊凡<sup>1</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 藏羚 (*Pantholops hodgsoni*) 的集群类型有雌性群、雄性群、母仔群、雌雄混群和独羚 5 种形式。2002 年 7 月~ 2003 年 12 月, 在可可西里地区沿青藏公路设立试验区, 直接观察到 936 群次, 计 13 795 只藏羚。藏羚的集群类型受到生育周期的影响, 季节间差异显著。春季以雌性群 (60.49%) 和雄性群 (30.86%) 为主; 夏季和秋季主要为雌性群 (41.65%, 49.66%) 和母仔群 (49.36%, 33.67%); 雌雄混群 (58.14%) 主要出现在冬季。雄性群在 1 年中很少见, 尤其是夏秋两季, 冬季较为常见, 多由亚成体雄性组成。独羚是一种特殊的集群类型, 占 11.32%。常见的集群大小为 2~ 20 只, 占 71.90%, 其次是 21~ 200 只的群, 占 16.35%; > 200 只的集群极少, 仅占 0.43%, 且仅出现于夏季产羔往返迁徙途中。藏羚的集群大小受竞争、捕食风险以及迁徙繁殖的共同影响。藏羚的集群极不稳定, 交配期雌雄混合群受雄性亚成体的干扰经常改变, 而在迁徙季节大群和小群之间的转换也很频繁。大型集群为雌性群或母仔群, 其最适集群大小为 2~ 20 只。

**关键词:** 藏羚; 社群; 集群大小; 集群类型; 可可西里地区

文章编号: 1000-0933(2005)06-1341-06 中图分类号: Q 145, Q 958 文献标识码: A

## The characteristics of social groups of the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) in the Kekexili region

L IAN Xin-Ming<sup>1,2</sup>, SU Jian-Ping<sup>1\*</sup>, ZHANG Tong-Zuo<sup>1,2</sup>, CAO Yi-Fan<sup>1</sup> (1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810001, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(6): 1341~ 1346

**Abstract:** We report characteristics of social groups in the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*). Field work was conducted from July 2002 to December 2003 in and near the Kekexili National Nature Reserve, in Qinghai Province, China. We recorded 936 unique antelope groups comprising 13,795 individuals (including duplicates). We designated an "experimental area" in which most observations were made, and which was an important migration corridor and rutting ground for antelope, and was located along the Goumud-Lhasa highway. Additional observations were made during spring 2003 in the interior of the Reserve. We defined 5 types of Tibetan antelope groups: female (41.45% of total observations), male (4.49%), ewe-lamb (31.20%), mixed-sex (11.54%), and individual animals (11.32%). The frequency of each type of group varied ( $p < 0.001$ ) seasonally. In spring, 60.49% of observed groups were female, and 30.86% were male. In summer, female (41.65%) and ewe-lamb (49.36%) groups predominated, as they did during autumn (49.66% and 33.67% respectively). During these 2 seasons, male groups were rarely encountered, because they moved away from the experimental area during this migration period. During winter, more than half (58.14%) of observed groups were mating (mixed-sex) groups, and consisted of 1 adult male and 2-12

基金项目: 青海省重大科技攻关资助项目 (2002-N-105); 中国科学院知识创新工程领域前沿资助项目 (CXY-2002-3)

收稿日期: 2004-02-20; 修订日期: 2004-09-09

作者简介: 连新明 (1980~), 男, 山东临沂人, 硕士, 主要从事保护生物学研究。E-mail: lianxinming927@163.com

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jpsu@nwipb.ac.cn

致谢: 感谢美国蒙大拿大学野生动物系 Richard Harris 教授帮助修订英文摘要

**Foundation item:** State Key Technological Programme of Qinghai Province (No. 2002-N-105) and the Knowledge Innovation Program of Chinese Academy of Sciences (No. CXY-2002-3)

**Received date:** 2004-02-20; **Accepted date:** 2004-09-09

**Biography:** LIAN Xin-Ming, Master, mainly engaged in conservation biology. E-mail: lianxinming927@163.com

**Acknowledgment:** We thank Dr. Richard Harris of the University of Montana for revising the English abstract

mature females. Other groups during winter consisted of sub-adult males, which we observed in areas separate from those occupied by mating groups. Thus, male groups were also very common in winter. Seasonal dynamics of grouping behavior were related to the annual breeding and migration cycles. We observed subadult males attempting to mate with females being attacked by adult males, and believe that their mating attempts were unsuccessful. Attacks on subadult males by adult males resulted in frequent changes in composition of the mating groups. Group size varied from 1 to 604. Most (71.90%) groups fell within our category of 2~20, fewer (16.35%) within our category of 21~200, and very few (0.43%) were >200 animals. Single antelope usually remained alone for only several hours to days, and then joined larger groups. We observed splitting and combining of smaller and larger groups. The largest groups did not include males, but rather were either female (prior to lambing) or ewe-lamb (after lambing). Our data suggest that antelope prefer group sizes of 2~20.

**Key words:** group size; group type; Kekexili region; social group; *Pantholops hodgsoni*

集群是动物适应特定时间、特定生存环境的社群单位,也是有蹄类动物的重要特征之一。一直以来,国内外学者对动物集群的类型、大小和结构进行了相当多的研究<sup>[1~5]</sup>。通过集群,动物一方面容易发现和防御敌害,获取资源和配偶,有利于繁殖和降低个体的捕食风险<sup>[6~10]</sup>。在许多物种中,个体的警戒时间随着集群大小的增加而减少<sup>[11~15]</sup>,从而可以增加个体对觅食时间的投入,满足生存需要。另一方面,集群会增加个体之间的竞争<sup>[14]</sup>,或为疾病传播提供方便<sup>[6,14]</sup>,从而对个体和种群生存不利。可以说,动物集群与其生存密切相关。因此,研究动物的集群对于理解动物的适应尤为重要。

藏羚(*Pantholops hodgsoni*)是青藏高原特有物种<sup>[16]</sup>,因其优质的羊绒价值高昂而遭到疯狂盗猎,成为濒危动物,已被列入中国国家级一级保护动物和《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录 I<sup>[17,18]</sup>中,其保护工作受到社会各界的广泛关注。但是,由于藏羚主要栖息于海拔 4000m 以上的高寒地区,对其开展科学研究十分困难。迄今为止,除对其分类、分布比较清楚外,与物种保护密切相关的种群生态、社群行为及繁殖生物学等方面仅见零星报道<sup>[19~24]</sup>。可以说,人类对藏羚的认识还很有限,于其保护十分不利。

尽管已有文献<sup>[24~28]</sup>报道过藏羚的集群大小和集群类型,但所得资料都比较零散,时间跨度往往也仅限于某一个季节,因而难以深入探讨和分析藏羚的社群特征。为此,于 2002 年 7 月至 2003 年 12 月在可可西里国家级自然保护区对藏羚的集群行为展开研究,获得藏羚集群类型、规模和组成等方面的大量数据。本文主要分析藏羚集群类型的季节变化趋势,个体对集群规模的喜好程度,以及集群类型和集群大小之间的相关程度等问题,目的在于探讨藏羚社群特征的生物学意义。

## 1 研究地区概况

本研究在青海省可可西里国家级自然保护区(89°30'~95°05'E, 33°02'~36°30'N)进行。该地区位于青藏高原西北部,北邻昆仑山,南依唐古拉山,是西藏自治区、新疆维吾尔自治区和青海省 3 省区的交汇处。可可西里保护区除南北两条著名山脉之外,中部多是一些中小起伏的山丘、中高山峰、台地和台原地貌,最高山峰为布格达坂峰 6860m,平均海拔高度 5000m 以上。该地区气候寒冷,空气稀薄,自然条件恶劣,全年平均温度为-4.1~-10.0 (东南部高,西北部低),暖季(6~8 月份)的平均气温也只有 2~7.7,夜间常有负温出现。大部分地区的年平均降水量为 150~300mm,且多为固态降水,全年大风频繁,风速最高可达 24m/s<sup>[29]</sup>。

可可西里地区拥有大型兽类 23 种(其中青藏高原特有 11 种),除藏羚外,还有国家级一级保护动物野牦牛(*Poephagus mutus*)、藏野驴(*Equus kiang*)、白唇鹿(*Cervus albirostris*)和雪豹(*Panthera uncia*);国家级二级保护动物盘羊(*Ovis ammon*)、岩羊(*Pseudois nayaur*)、藏原羚(*P. rocapra picticaudata*)、棕熊(*Ursus arctos*)、猞猁(*Lynx lynx*)、兔狲(*Felis manul*)、石貂(*Martes foina*)、青海省省级保护动物藏狐(*Vulpes ferrillata*)等。该地区主要优势植被有青藏苔草(*Carex moorcroftii*)、扇穗茅(*Littledalea racemosa*)、矮蒿草(*Kobresia humilis*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、唐古拉翠雀(*Pelphinium tangkulaense*)、唐古拉虎耳草(*Saxifraga hirculoides*)、小叶棘豆(*Oxytropis microphylla*)、冰川棘豆(*Oxytropis glacialis*)、团垫黄芪(*Astragalus arnoldii*)、昆仑雪兔子(*Saussurea depsangensis*)、黑苞凤毛菊(*Saussurea apus*)、多刺绿绒蒿(*Meconopsis horridula*)、垫状棱子芹(*Pleurospemum hedinii*)、垫状点地梅(*Androsace tapete*)、芒颖鹅冠草(*Roegneria aristiglumis*)等。该地区垫状植被极其丰富,种类占全世界三分之一<sup>[29,30]</sup>。

此外,从昆仑山口起,修建于 20 世纪 50 年代的青藏公路和正在兴建中的青藏铁路自东北向西南交织并行,直到沱沱河,构成了可可西里自然保护区东南面边沿地带,在此地带,沿青藏公路设有试验区。

## 2 研究方法

本研究于 2002 年 7 月、10 月和 12 月,以及 2003 年 4~9 月和 11~12 月在可可西里国家级自然保护区进行。其中 2002 年 10 月、12 月以及 2003 年 4~5 月在保护区腹地进行考察,累积路线长 1200km,其余时间在青藏公路沿线(昆仑山口至沱沱河)

约 260km 的范围内进行调查。

采用样线法<sup>[31, 32]</sup>, 按春季(3~ 5 月份)、夏季(6~ 8 月份)、秋季(9~ 11 月份)和冬季(12~ 翌年 2 月份)统计藏羚集群数据。观察者乘汽车以 20~ 40 km/h 沿调查路线前行, 借助 10~ 70 倍双筒望远镜观察样线两侧视野范围内的所有集群, 记录每个集群发现的时间、地点、大小、结构及组成(雌雄比例、母子比例)。

野外条件下, 将藏羚个体划分为成体、亚成体和幼体 3 类, 依据如下:

(1) 成体(> 3 龄) 个体达到成熟, 形体大。雄性个体的毛色为白色或灰白色, 头部黑色, 角长 40~ 60cm; 雌性个体的毛色为土黄色。

(2) 亚成体(1~ 3 龄) 接近成熟, 但形体明显小于成年个体。雄性个体毛色以浅褐色为主, 腹部、颈部及臀部接近白色, 前额以下面部、四肢正前方以及蹄子均为黑褐色<sup>[33]</sup>, 角明显比成年个体短; 雌性个体的毛色和成体毛色相似, 不易区分, 主要根据个体大小判断。

(3) 幼体(< 1 龄) 当年出生, 体形小。体色为淡黄色, 明显不同于亚成体和成体。

统计分析在 SPSS 11.0 for Windows 中进行。采用交叉表分析检验不同集群类型的频率与季节之间的相关显著性; 利用 Kruskal-Wallis H 检验分析不同集群类型之间集群大小的差异显著性; 采用卡方检验分析集群类型和集群大小出现频率的差异显著性。

### 3 研究结果

#### 3.1 藏羚的集群类型

观察期间, 野外条件下直接观察到独立的藏羚群 936 次, 根据集群组成将其划分为雌性群、雄性群、母子群、雌雄混群和独羚 5 种类型: 雌性群, 由雌性个体构成的社群。雄性群, 仅由雄性个体构成的社群。母子群, 由雌性藏羚及其幼子构成的社群。雌雄混群, 由雄性和雌性个体构成的繁殖社群。独羚, 单独活动的藏羚个体。在与其它类型的集群同时出现时, 独羚与其它集群成员之间的距离至少大于 100m, 以保证它们与其它集群的成员之间没有明显的社会联系。

3.1.1 集群类型的频率分布 野外观察中, 共见到藏羚 936 群次, 合计 13 795 只次。每群平均 14.7 ± 1.05(平均值 ± 标准误)只, 最大的群体 604 只, 最小为独羚。雌性群 388 群次(41.45%), 计 4 807 只次; 雄性群 42 群次(4.49%), 231 只次; 母子群共 292 群次(31.20%), 7 657 只次; 雌雄混群共 108 群次(11.54%), 共 994 只次; 独羊 106 只次(11.32%)。卡方检验结果表明, 不同类型集群出现频率的差异极显著( $\chi^2 = 455.410, df = 4, p < 0.001$ )。

3.1.2 集群类型的季节变化 春季, 藏羚的集群以雌性群(49 群次)和雄性群(25 群次)为主, 其余为独羚形式(7 群次), 无雌雄混群和母子群。夏季集群主要为母子群(192 群次)和雌性群(162 群次), 因雄性不再试验区活动而未见雄性群和雌雄混群, 独羚 35 只次(35 群次), 其中包含一只羊羔, 疑为走失个体, 其余均为雌性成年藏羚。与夏季相比, 秋季雌性群(146 群次)的比例上升至 49.66%, 母子群(99 群次)下降到 33.67%, 雄性群(3 群次)和雌雄混群(8 群次)出现, 独羚群(38 群次)包含 3 只雄性成年藏羚(7.89%), 1 只藏羚羊羔(2.63%), 以及 34 只雌性成年藏羚(89.48%)。冬季, 雌雄混群(100 群次)为大量出现; 母子群仅见到 1 群(2 只); 雄性群(14 群次)比例增加(图 1)。交叉表分析显示, 不同类型的集群出现频率与季节密切相关( $\chi^2 = 712.313, df = 12, p < 0.001$ )。卡方检验表明, 每个季节不同类型集群出现的频率亦有极显著差异( $\chi^2 = 32.889, df = 2, p < 0.001$ ; 夏季:  $\chi^2 = 107.141, df = 2, p < 0.001$ ; 秋季:  $\chi^2 = 261.000, df = 4, p < 0.001$ ; 冬季:  $\chi^2 = 172.012, df = 4, p < 0.001$ )。这些分析表明, 藏羚不同集群类型出现的频率受季节影响很大。

#### 3.2 藏羚的集群大小

按藏羚集群大小排列, 独羚出现 106 群次, 占总群次的 11.32%; 2~ 20 只的集群, 673 群次, 占 71.90%; 21~ 50 只集群 112 群次, 为 11.97%; 51~ 100 只集群 30 群次, 占 3.21%; 101~ 200 只集群 11 群次, 占 1.18%; 200 只以上集群 4 群次, 占 0.43%。卡方检验结果显示, 按上述 6 种集群大小分组, 各组出现的频率存在极显著差异( $\chi^2 = 2126.474, df = 5, p < 0.001$ )。

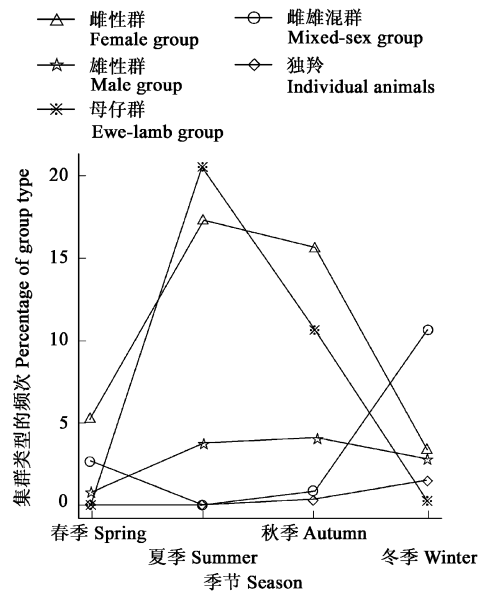


图 1 藏羚不同类型集群频次的季节变化

Fig 1 Seasonal trends of frequency of different group types in the Tibetan antelope

从图 2 中可以看出, 藏羚集群大小主要集中于 2~ 20 只的范围。大于 50 只的集群仅出现在夏秋两季。最大集群 604 只出现在夏季。卡方检验结果显示, 各季节不同大小的集群出现频率亦存在极显著差异(春季:  $\chi^2 = 163.889, df = 3, p < 0.001$ ; 夏季:  $\chi^2 = 639.067, df = 5, p < 0.001$ ; 秋季:  $\chi^2 = 410.163, df = 3, p < 0.001$ ; 冬季:  $\chi^2 = 164.140, df = 2, p < 0.001$ )。这些分析结果表明, 藏羚的集群大小出现的频率受季节影响很大。

### 3.3 集群类型和集群大小的关系

从全年的情况看, 藏羚不同集群类型的大小依次为: 母仔群  $26.2 \pm 2.10$  (平均值  $\pm$  标准误, 下同) 只; 雌性群  $12.4 \pm 1.86$  只; 雌雄混合群  $9.2 \pm 0.69$  只; 雄性群  $5.5 \pm 0.94$  只。Kruskal-Wallis H 检验显示, 它们之间存在极显著的差异( $\chi^2 = 106.900, df = 3, p < 0.001$ )。由此可知, 藏羚的集群大小受集群类型的影响很大。

除秋季( $\chi^2 = 5.570, df = 3, p > 0.05$ )外, 其余各季节不同类型集群之间社群大小亦有极显著差异(春季:  $\chi^2 = 6.986, df = 1, p < 0.01$ ; 夏季:  $\chi^2 = 63.420, df = 1, p < 0.001$ ; 冬季:  $\chi^2 = 15.564, df = 3, p < 0.01$ ) (见图 3)。

## 4 讨论

藏羚的集群行为与其自身的生物学特征密切相关, 主要有两个方面: 即种群内部的生育周期和个体间的竞争以及外部的捕食风险。

### 4.1 生育周期与集群类型的季节变化

藏羚生育周期的季节性变化导致其集群类型的相应改变。春季以雌性群和雄性群为主, 夏季和秋季主要为雌性群和母仔群, 雌雄混群则是冬季交配期的主要集群类型。这与 Schaller<sup>[27]</sup> 在羌塘中部和东部的观察结果(发情期: 雄性群 68 群次, 雌雄群 127 群次, 雌雄混群 294 群次; 非发情期: 雄性群 8 群次, 雌雄群 27 群次, 雌雄混群 53 群次)一致。

雄性群在夏秋季节很少见到的原因有二: 首先, 雌雄藏羚除冬季交配季节外, 均分群活动。所以在雌性藏羚经常活动的地方一般见不到雄性个体; 其次, 受气候条件和沼泽环境的影响, 此时的观察数据均取自保护区的试验区, 这里恰是雌性藏羚的主要迁徙通道, 很少见到雄性个体。因此, 对雄性群的取样强度偏低。这有待于腹地考察数据的更多积累后作必要的调整。当然雄性远离迁徙通道对于迁徙途中的繁殖雌羚获取充足食物是有利的。此外, 迁徙途中的雌性群或母仔群的集群规模经常发生变化, 大的集群有利于快速移动, 小的集群有利于高效觅食。

冬季是藏羚的交配季节, 雄性藏羚回到地势平缓的交配场, 与雌性群混合。成年雄性往往能够形成一雄多雌(2~ 12 只)的交配群。而亚成体雄性在试图获得交配的过程中, 常常遭到成年雄性的猛烈攻击, 被排挤到交配群之间的空闲地带, 从而形成大量的雄性群。成年雄性之间的相互竞争以及亚成体雄性的干扰是导致交配群成员组成频繁变化的主要原因。

### 4.2 竞争、捕食风险以及繁殖对藏羚集群大小的影响

对于藏羚集群的大小, 已有一些报道。冯祚建<sup>[25]</sup>年在喀喇昆仑山-昆仑山地区的统计结果显示, 藏羚 2~ 10 只的群为 82 群次, 占到总群次的 80.4%, 其包含的个体数 296 只次, 占总个体数的 8.0%; 11~ 60 只的集群为 14 群次, 计 494 只次, 占总个体数的 12.4%; 大于 100 只的个体数最多, 占 79.6%。1990 年 6 月初~ 8 月中旬, 冯祚建<sup>[34]</sup>在可可西里的考察过程中也得到相似结果: 113 群次中 2~ 10 只的群 89 群次, 占 78.76%, 为主要类型。Schaller<sup>[27]</sup>根据多次在青藏高原的调查也认为, 藏羚的集群以 2~ 20 只的规模为主, 百只以上的集群仅出现在夏季, 且为雌性群。

本文的观察结果与冯祚建<sup>[25, 34]</sup>和 Schaller<sup>[27]</sup>的报道基本相符, 2~ 20 只的集群占集群总数的 71.9%, 大于 100 只的集群只

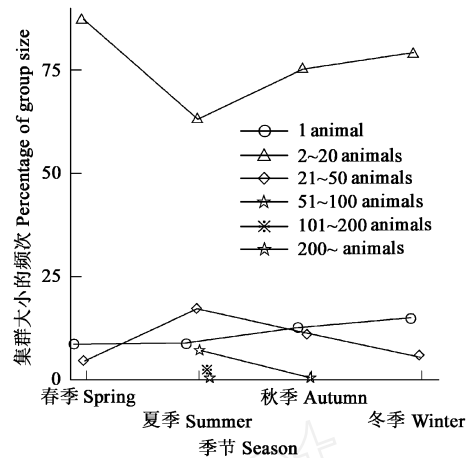


图 2 藏羚不同集群大小频次的季节变化

Fig 2 Seasonal trends of frequency of different group size in the Tibetan antelope

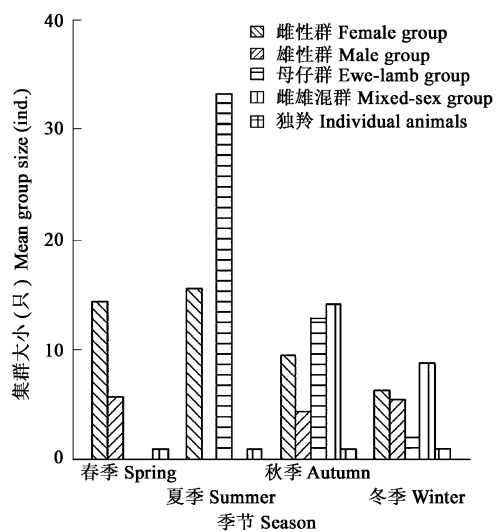


图 3 藏羚不同集群类型的平均集群大小

Fig 3 Mean group sizes of different group types in the Tibetan antelope

有 1.61%。既然集群有利于降低捕食风险<sup>[6-9]</sup>, 有利于藏羚的生存, 为什么藏羚又只喜欢选择小型而非偏爱大型集群呢? 这可能与较小的集群既可以有效降低捕食风险<sup>[6-10]</sup>, 同时又能缓解集群内个体间的竞争压力有关。事实上, 大的集群导致个体觅食效率下降的问题已受到关注<sup>[14]</sup>。我们在野外观察中发现, 可可西里地区的植被非常稀疏, 试验区的植被盖度只有 10%~20%, 食物资源异常匮乏, 这种情况在冬、春季尤甚。因此, 若集群过大, 势必导致个体之间比较强烈的觅食竞争。此外, 较大的集群还有另一些问题, 如更容易吸引天敌的注意, 更有利于疾病的流行和传播等<sup>[6]</sup>。

夏季之所以出现大的集群, 是因为较大的集群有利于雌性藏羚的快速迁徙<sup>[27]</sup>。而冬季集群较小的主要原因有两个: 其一, 可可西里冬季的食物资源异常匮乏, 较小的集群可以减少集群成员之间的资源竞争和相互干扰, 以利提高觅食效率。其二, 冬季的集群以一雄多雌的雌雄交配群为主, 而这种集群的规模都较小, 因为雄性藏羚在争夺配偶的竞争中, 需要投入大量的时间进行警戒和防御, 而且随着雌性个体数量的增加, 控制和管理雌性的时间投入猛增, 与此相应, 觅食和预防捕食者的时间投入则大幅度减少, 从而面临更大的饥饿和被捕食的风险。

#### 4.3 独羚的意义及形成原因

独羚在每个季节都比较常见, 但是否将其列为一种集群类型, 学者们意见并不一致。冯祚建<sup>[25,34]</sup>在其论文中没有将独羚作为集群类型对待, 而 Schaller<sup>[27]</sup>在其论著中始终将独羚视为集群类型列入表中。余玉群等<sup>[14]</sup>在报道天山盘羊的集群行为时也将独羊视为集群类型之一。作者认为, 将独羚视为一种集群类型较为合理, 理由如下: 首先, 这些个体多数是暂时游离于集群之外, 不是永久的独居, 与独居动物具有显著区别; 其次, 通过比较单个动物与同种动物集群内个体的行为, 可以更好地理解动物社会性的起源、进化和适应意义, 而这正是探讨集群行为的根本目的。因此, 在本文中, 将独羚视为集群类型之一。根据野外观察, 独羚形成的原因有以下几点: 产羔季节, 临产母体通常要离开集群, 寻找干扰较小的地方产羔, 产羔结束后再携带小羔回归群体; 在交配季节, 没有交配权的亚成体雄性和老年个体常常被排挤在集群之外, 成为独羚; 个体因觅食、饮水、卧息等行为持续时间较长而暂时脱离社群等。

独羚虽然常见, 但选择这种集群类型的个体却非常少, 仅有 0.77%, 这说明独羚面临的捕食风险太大<sup>[4,8]</sup>, 不利于个体的生存, 这一问题有待于今后进一步研究。

#### References

- [1] Wirtz P, Lrscher J. Group size of antelopes in an east African national park. *Behaviour*, 1983, **84**: 136~156
- [2] Lagory K E. Habitat, group size, and the behaviour of white-tailed deer. *Behaviour*, 1986, **98**: 168~179
- [3] Song Y L, Zeng Z G. Observation on group types of golden takin (*Budorcas taxicolor bedfordi*). *Acta Theriologica Sinica*, 1999, **19**(2): 81~88
- [4] Hamilton W D. Geometry for the selfish herd. *Journal of Theoretical Biology*, 1971, **31**: 295~311
- [5] Yu Y Q, Liu C G, Guo S T, et al. A study on the aggregate behaviour of argali (*Ovis ammon*) in Tianshan mountains. *Acta Theriologica Sinica*, 2002, **20**(2): 101~107
- [6] Sun R Y. *The theory of animal ecology* (3rd edition). Beijing: Beijing Normal University Publishing, 2001.
- [7] Jaman P J. The social organization of antelope in relation to their ecology. *Behaviour*, 1974, **48**: 215~267
- [8] Clutton-Brock T H, Guinness F E, Albon S D. *Red deer behavior and ecology of two sexes*. Chicago: Chicago University Press, 1982
- [9] Beauchamp G. Group-size effects on vigilance: a search for mechanisms. *Behavioural Processes*, 2003, **63**(3): 111~121
- [10] Bertram B C R. Vigilance and group size in ostriches. *Animal Behaviour*, 1980, **28**: 278~286
- [11] Hoogland J L. The effect of colony size on individual alertness of prairie dogs (*Sciuridae: Cynomys* spp.). *Animal Behaviour*, 1979, **27**: 394~407
- [12] Underwood R. Vigilance behavior in grazing African antelopes. *Behaviour*, 1982, **79**: 81~107
- [13] Roberts G. Why individual vigilance declines as group size increases. *Animal Behaviour*, 1996, **51**: 1077~1086
- [14] Beauchamp G, Ruxton G D. Changes in vigilance with group size under scramble competition. *The American Naturalist*, 2003, **161**(4): 672~675
- [15] Hirth D H. Social behavior of white-tailed deer in relation to habitat. *Wildlife Monograph*, 1977, **52**: 1~55
- [16] Feng Z J, He Y B, Ye X D. On mammals from the Hoh Xil region of southwestern Qinghai Province. In: Wu S G, Feng Z J, eds. *The biology and human physiology in the Hoh Xil region*. Beijing: Science Press, 1996. 302~320
- [17] Zheng S W. *Fauna of rare and endangered species of vertebrates in Northwest China*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1994
- [18] The northwest institute of plateau biology of Chinese Academy of Sciences. *The Economic Fauna of Qinghai*. Xining: Qinghai People's Publishing, 1989
- [19] Feng Z J, Zheng C L, Cai G Q. On mammals from southeastern Xizang (Tibet). *Acta Zoologica Sinica*, 1980, **26**(1): 91~97

- [20] Cai G Q, Liu Y S, O'Gara B W. Observations of large mammals in the Qaidam Basin and its peripheral mountainous areas in the People's Republic of China *Canadian Journal of Zoology*, 1990, **68**: 2021~ 2024
- [21] Harris R B, Miller D J. Overlap in summer habitats and diets of Tibetan plateau ungulates *Mammalia*, 1995, **59**: 197~ 212
- [22] Harris R B, Pletscheer K H. Status and trends of Tibetan plateau mammalian fauna, Yendiugou China *Biological Conservation*, 1999, **87**: 13~ 19
- [23] Schaller G B, Ren J R. Effects of a snow storm on Tibetan antelope *Journal of Mammalogy*, 1988, **69**: 631~ 634
- [24] Schaller G B, Ren J, Qiu M. Observations on the Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*). *Applied Animal Behaviour Science*, 1991, **29**: 361~ 378
- [25] Feng Z J. On the status and conservation of the wild animal resources in the Karkorum-Kunlun Mountains region, China *Journal of Natural Resources*, 1990, **5**(4): 343~ 353
- [26] Gu J H. Hoofed animals in eastern Kunlun Mt and Altun Mt of Xinjiang *Chinese Journal of Arid Land Research*, 1987, **4**(3): 56~ 68
- [27] Schaller G B. *Wildlife of the Tibetan steppe*. Chicago: Chicago University Press, 1998
- [28] Schaller G B, Gu B. Comparative ecology of ungulates in the Aru Basin of northwest Tibet *National Geographic Research and Exploration*, 1994, **10**: 266~ 293
- [29] Huang R F. The cushion plant in the Hoh Xil area of Qinghai *Acta Botanica Sinica*, 1994, **36**(2): 130~ 137.
- [30] Wu S G, Yang Y P, Huang R F. The characteristics and evolution of the flora in Hoh Xil region, Qinghai Province. In: Wu S G, Feng Z J eds *The biology and human physiology in the Hoh Xil region*. Beijing: Science Press, 1996 1~ 23
- [31] Harris R B. Wild ungulate surveys in grassland habitats: satisfying methodological assumptions *Chinese Journal of Zoology*, 1996, **31**(2): 16~ 21.
- [32] Burnham K P, Anderson D R, Laake J L. Estimation of density from line transect sampling of biological populations *Wildlife Monograph*, 1980, **72**: 202
- [33] Su J P, Lian X M, Cao Y F, et al. A L N G: the first domesticated Tibetan Antelope *Acta Theriologica Sinica*, 2003, **23**(1): 83~ 84
- [34] Feng Z J, He Y B, Ye X D. Wild animal resources and its conservation, utilization rationally in Hoh Xil region, Qinghai Province. In: Wu S G, Feng Z J, eds *The biology and human physiology in the Hoh Xil region*. Beijing: Science Press, 1996 321~ 334

#### 参考文献:

- [3] 宋延龄, 曾治高. 秦岭羚牛的集群类型. *兽类学报*, 1999, **19**(2): 81~ 88
- [5] 余玉群, 刘楚光, 郭松涛, 等. 天山盘羊集群行为的研究. *兽类学报*, 2000, **20**(2): 101~ 107.
- [6] 孙儒泳. *动物生态学原理* (第3版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [16] 冯祚建, 何玉邦, 叶晓堤. 青海可可西里地区的哺乳类. 见: 武素功, 冯祚建主编. *青海可可西里地区生物与人体高山生理*. 北京: 科学出版社, 1996 302~ 320
- [17] 郑生武. *中国西北地区珍稀濒危动物志*. 北京: 中国林业出版社, 1994
- [18] 中国科学院西北高原生物研究所. *青海经济动物志*. 西宁: 青海人民出版社, 1989
- [19] 冯祚建, 郑昌琳, 蔡桂全. 西藏东南部兽类区系调查. *动物学报*, 1980, **26**(1): 91~ 97.
- [25] 冯祚建. 喀喇昆仑山-昆仑山地区兽类资源的现状与保护. *自然资源学报*, 1990, **5**(4): 343~ 353
- [26] 谷景和. 新疆东昆仑-阿尔金山地区的有蹄类动物. *干旱区研究*, 1987, **4**(3): 56~ 68
- [29] 黄荣福. 青海可可西里地区垫状植物. *植物学报*, 1994, **36**(2): 130~ 137.
- [30] 武素功, 杨永平, 黄荣福. 青海可可西里地区植物区系的特征及演变. 见: 武素功, 冯祚建主编. *青海可可西里地区生物与人体高山生理*. 北京: 科学出版社, 1996 1~ 23
- [31] Harris R B. 如何满足草原野生有蹄类调查方法的假设前提条件. *动物学杂志*, 1996, **31**(2): 16~ 21.
- [33] 苏建平, 连新明, 曹伊凡, 等. 爱羚: 第一家养成功的藏羚. *兽类学报*, 2003, **23**(1): 83~ 84
- [34] 冯祚建, 何玉邦, 叶晓堤. 青海可可西里地区的动物资源及其合理保护与开发利用. 见: 武素功, 冯祚建主编. *青海可可西里地区生物与人体高山生理*. 北京: 科学出版社, 1996 321~ 334